

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-182017

(43)Date of publication of application : 21.07.1995

(51)Int.Cl.

G05B 19/4068

(21)Application number : 05-328871

(71)Applicant : NISSAN MOTOR CO LTD

(22)Date of filing : 24.12.1993

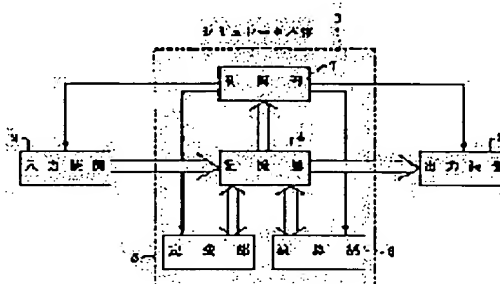
(72)Inventor : ISHIBASHI KENJI

## (54) SIMULATION METHOD FOR FILAMENTARY MEMBER

## (57)Abstract:

PURPOSE: To provide a method for simulating the shape change of a filamentary member such as a power supply cable, cooling water hose and air pressure hose attached to a robot.

CONSTITUTION: A main body 1 of a simulator is composed of a storage part 4 for storing data read out of an input device 2 such as the coordinate of a fixed point supporting the wire, tangential vector at the fixed point, the length of the wire between fixed points or the change amount of a movable part, definition part 5 for defining the shape of the robot or the inference conditions of the robot, arithmetic part 6 for calculating the coefficient of a curved line expression expressing the shape of the wire based on the transformed fixed point, the value of the tangential vector or the length of the wire and performing processing such as an interference check by transforming the coordinate position of the fixed point or the tangential vector, and control part 7 for applying required instructions to respective devices by decoding a program stored in the storage part 4.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 22.12.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 2993341

[Date of registration] 22.10.1999

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C): 1998,2000 Japanese Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-182017

(43) 公開日 平成7年(1995)7月21日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 5 B 19/4068		7531-3H	G 0 5 B 19/ 405	Q

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平5-328871

(22) 出願日 平成5年(1993)12月24日

(71) 出願人 000003997

日産自動車株式会社

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地

(72) 発明者 石橋 研二

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産

自動車株式会社内

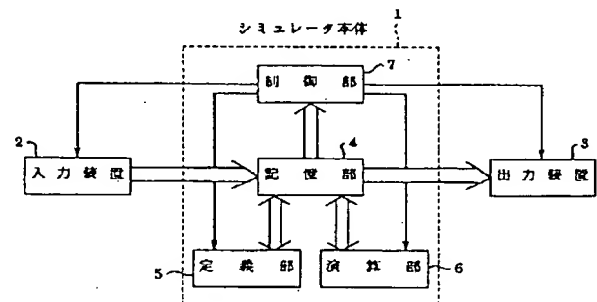
(74) 代理人 弁理士 八田 幹雄

(54) 【発明の名称】 線条材のシミュレーション方法

(57) 【要約】

【目的】 ロボットに付属している電源ケーブル、冷却水ホース、空気圧ホース等の線条材の形状変化をシミュレーションする方法を提供する。

【構成】 シミュレータ本体1は、入力装置2から読み取った、線条材を支持している固定点の座標や、該固定点における接線ベクトルや、固定点間の線条材の長さや、可動部位の変化量等のデータを記憶する記憶部4と、ロボットの形状や該ロボットの干渉条件等を定義する定義部5と、前記固定点や接線ベクトルの座標位置の変換を行い、変換後の固定点と接線ベクトルの値と前記線条材の長さに基づき線条材の形状を表す曲線式の係数を算出することや、干渉チェック等の処理を行う演算部6と、記憶部4に記憶されているプログラムを解釈しそれぞれの装置に必要な指示を与える制御部7とで構成されている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ロボットに付属している線條材を支持している複数の固定点の座標と、該固定点における接線ベクトルと、隣接する固定点間の線條材の長さを認識し、前記ロボットの可動部位の移動量に基づき、前記固定点と接線ベクトルとの座標位置の変換を行い、変換後の固定点と接線ベクトルの座標位置の値と、前記隣接する固定点間の線條材の長さに基づいて、該隣接する固定点間の線條材の形状を表す曲線式の係数を算出し、ロボットの動作に追従することにより発生する、付  
10 属している線條材の変形を予測することを特徴とする線條材のシミュレーション方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、ロボットの動作をコンピュータを用いてシミュレーションする方法、特に、ロボットに付属している線條材の形状変化を予測するシミュレーション方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 工場などの生産設備に産業用ロボットを設置する場合に、あらかじめコンピュータによるロボット動作のシミュレーションを行い、ロボットの作業時の最も効率的な動きを検討したり、他の生産設備との干渉の具合などを予測することが行われている。

【0003】 しかし、ロボットの動作をコンピュータを用いてシミュレーションするシステムにおいては、該ロボットに付属している電源ケーブル、冷却水ホース、空気圧ホースなどの線條材のシミュレーションは行われていない。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 そのため、シミュレーション結果に基づきロボットを設置し動作させる際に、線條材の取り回しがうまく行かなかったり、近傍に設置されている他の設備と線條材とが干渉する等の問題が発生し、ロボットの動作プログラムデータを再度作成したり、ティーチング時間が長くなる等の予想外の工数を必要としたり、作業性の低下をもたらす場合があった。

【0005】 本発明は、このような従来技術の問題点を鑑みてなされたものであり、ロボットのシミュレーションの際に、該ロボットに付属している電源ケーブル、冷却水ホース、空気圧ホースなど線條材の形状変化を予測  
40 する方法を提供することである。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】 前記目的を解決するための本発明は、ロボットに付属している線條材を支持している複数の固定点の座標と、該固定点における接線ベクトルと、隣接する固定点間の線條材の長さを認識し、前記ロボットの可動部位の移動量に基づき、前記固定点と接線ベクトルとの座標位置の変換を行い、変換後の固定点と接線ベクトルの座標位置の値と、前記隣接する固  
50

定点間の線條材の長さに基づいて、該隣接する固定点間の線條材の形状を表す曲線式の係数を算出し、ロボットの動作に追従することにより発生する、付属している線條材の変形を予測することを特徴とする線條材のシミュレーション方法である。

## 【0007】

【作用】 このように構成された本発明のシミュレーション方法は、ロボットに付属している線條材の形状の動きを正確で高精度に予測するため、実際にロボットを設置し動作させる際に、ロボットの動作プログラムデータを再度作成したり、ティーチング動作を修正したりする必要がなくなり、ティーチング作業の効率化が図れる。

## 【0008】

【実施例】 以下、本発明を実施例により説明する。

【0009】 図1は、本発明に係るシミュレーション方法を実現する装置の構成を示す概略ブロック図、図2は、本発明に係るシミュレーション方法が対象とするロボットの全体構成の一例を示す図面、図3は、ロボット付属の線條材（ケーブル類）の動きを説明するための図面、図4は、本発明に係るシミュレーション方法を説明するための流れ図、図5は、ロボットの標準姿勢における位置ベクトルの初期設定を説明するための概念図、図6は、位置ベクトルの算出方法を説明するための概念図、図7は、動作させた位置での位置ベクトルの算出方法を説明するための概念図である。

【0010】 本発明に係るシミュレーション方法を実現する装置は、図1に示すように、中央処理装置としてのシミュレータ本体1、基準座標軸上の座標で表したロボットの標準姿勢時での線條材を支持している固定点の座標データあるいはロボットの可動部位の変化量などの入力データを読み込んでシミュレータ本体1に送り込むための入力装置2、及び、処理結果等の出力すべきデータをシミュレータ本体1から外部へ書き出すための出力装置3で構成されている。

【0011】 例えば、入力装置1は、キーボード、シミュレータ本体1はワークステーション、出力装置3は、ディスプレイ装置等によりそれぞれ構成されている。

【0012】 シミュレータ本体1は、入力装置2から読み取った固定点の座標データや可動部位の変化量データ等の入力データを記憶する記憶部4、ロボットの形状や該ロボットの作業空間と他設備との干渉条件等の諸条件を定義する定義部5、入力データに基づいて固定点の座標変更演算や線條材の形状を表す曲線式の係数算出演算や干渉チェック等の各種演算処理を行う演算部6、及び、記憶部4に記憶されているプログラムを構成している命令を1個ずつ取り出して解読しそれぞれの装置に必要な指示を与える制御部7で構成されている。

【0013】 記憶部4には、入力データのほか、処理過程の中間結果のデータや出力すべき処理結果のデータ等も記憶される。

【0014】本発明に係るシミュレーション方法が対象とするロボット1は、例えば、溶接作業を行うもので、図2に示すように、ロボット台座10、ロボットアーム2a~2e、該ロボットアーム2a~2eの各部を接続し可動するジョイント5a~5f、そして、クランプで固定され溶接作業のための溶接器の付いたツール3、および、該ツール3に電力を供給する電源ケーブル4により構成されている。

【0015】なお、ケーブル4はロボットアーム2cに設けられたクリップ6aとツール3に設けられたクリップ6bにより支持されている。

【0016】電源ケーブル4は、ロボットの動作に追従して変形し、この形状の変化は、電源ケーブル4の材料の剛性や、位置や固定方向等のクランプ条件に依存し、大幅に変形する場合がある。

【0017】例えば、ロボットの動作に追従し変形しても、図3(a)に示すようにロボットアームの軌道の上に線条材4が位置する場合、線条材の形状変化を無視している従来のシミュレーション方法でも、実質的な差が発生せず適用可能であるが、しかし、図3(b)のように線条材4が無視できないほど形状が変化し大きく外にはみ出す場合、外界と干渉する可能性が大きく、従来のシミュレーション方法は、適用できない。

【0018】したがって、実際の使用に際し、取り回しがうまく行かなかったり、近傍に設置されている他の設備と線条材とが干渉する等の問題を発生する可能性があり、ロボットの動作プログラムデータを再度作成したり、ティーチング動作を修正したりする必要が発生することとなる。

【0019】次に、本発明に係る線条材のシミュレーション方法を、図2に示しているロボット1をモデルとし、図4ないし図7を使用し説明する。

【0020】まず、初期設定として、図5に示すように、ロボット1の標準姿勢におけるケーブル4が支持されている固定点の位置ベクトル $S_s(i)$ と、該固定点における接線ベクトル $Q_s(i)$ と、隣接する固定点間の線条材の長さ $L(i)$ とを読み込む(ステップ1)。

【0021】次に、ツール3を動作させた位置姿勢でのツール3先端の位置ベクトル $P_r$ を指定する(ステップ2)。

【0022】次に、例えば、逆運動演算を行い、図6に示すように、ツール3先端の位置が $P_r$ になるために必要な各ジョイントの回転角度 $\theta(i)$ を算出し、該回転角度と各ロボットアームの長さ $R_L(i)$ から、各ジョイントの位置ベクトル $P_J(i)$ を求める(ステップ3)。

【0023】次に、該位置ベクトル $P_J(i)$ と、動作させた位置でのケーブル4の固定点、すなわちロボットアームのクリップの位置ベクトル $S_e(i)$ に基づき、図7に示すように、動作前の位置の接線ベクトル $Q_s$

(1)の座標を変換して暫定接線ベクトル $q(i)$ を求める(ステップ4)。

【0024】次に、隣接する固定点間の線条材の形状を、

$$P_i(t) = A + Bt + Ct^2 + Dt^3,$$

で示されるベクトルの3次曲線式として近似し、

動作させた位置での隣接する固定点の位置ベクトル $S_e(i)$ 、 $S_e(i+1)$ 、線条材の特性、例えば、最小曲げ半径により決定できるクランプファクタ $\alpha$ 、及び、該固定点における接線ベクトル $Q_e(i)$ 、 $Q_e(i+1)$ から、動作の前後で変わらない隣接する固定点間の線条材の長さ $L(i)$ を条件とし、該3次曲線の係数を求める(ステップ5)。

【0025】ただし、前記固定点における接線ベクトル $Q_e(i)$ は、前記暫定接線ベクトル $q(i)$ を使用し、 $Q_e(i) = \alpha \times q(i)$ と表す。

【0026】次に、得られた係数を前記3次曲線に代入し、線条材の形状をシミュレーションし、表示する(ステップ6)。

【0027】続いて、クリップ6aおよび6bにより支持された一区間をモデルとし、ステップ7を具体的に説明する。

【0028】動作させた位置でのクリップ6aの座標 $S_a$ は(0, 0, 0)、クリップ6bの座標 $S_b$ は(70, 70, 0)、クリップ6aおよび6bにより支持された一区間の線条材の長さ $L$ は110、隣接する固定点間の線条材の形状はパラメータ $t$ の3次式とする。

【0029】したがって、線条材の形状ベクトル $P$ 、接線ベクトル $Q_e$ 、及び、線条材の長さ $L$ は、

$$P(t) = A + Bt + Ct^2 + Dt^3,$$

$$Q_e(t) = (dP/dt) = B + 2Ct + 3Dt^2,$$

【0030】

【外1】

$$L = \int_0^1 \sqrt{(1 + (dP/dt)^2)^{1/2}} dt$$

【0031】となり、そして、線条材がクリップ6aとクリップ6bで支持されていることより、

$$P(0) = A,$$

$$P(1) = A + B + C + D,$$

$$Q_e(0) = B = \alpha \times q(0),$$

$$Q_e(1) = B + 2C + 3D = \alpha \times q(1),$$

となる。

【0032】また、パラメータ $t$ の3次式の係数 $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$ を、前記 $P$ 、 $Q_e$ 及び $L$ を使用し算出すると、

$$A = P(0),$$

$$B = Q_e(0),$$

$$C = 3(P(1) - P(0)) / 1^2 + (Q_e(1) - 2Q_e(0)) / 1,$$

$$D = 2(P(0) - P(1)) / 1^3 + (Q_e(0) + Q_e(1)) / 1^2,$$

となる。

【0033】一方、暫定接線ベクトル及び実際のシミュレーションでは一覧表あるいは関数プログラムの形で折り込むクランプファクタを、ここでは、

$q(0) = (0.707, -0.707, 0)$ 、  
 $q(1) = (-0.707, -0.707, 0)$ 、  
 $\alpha = 1$ 、  
 と設定する。

【0034】したがって、条件式は、

$P(0) = (0, 0, 0)$ 、  
 $P(1) = (70, 70, 0)$ 、  
 $Qe(0) = (0.707, -0.707, 0)$ 、  
 $Qe(1) = (-0.707, -0.707, 0)$ 、  
 $L = 110$ 、  
 と変形することができる。

【0035】そして、この式を満足させるA, B, C, D, lを、数値解析的に、例えば、二分探索法を使用し算出すると、

$A = (0, 0, 0)$ 、  
 $B = (0.707, 0.707, 0)$ 、  
 $C = (-0.000835, 0.0266, 0)$ 、  
 $D = (0.000005, -0.000127, 0)$ 、  
 $l = 103.187$ 、  
 の結果を得た。

【0036】この実施例では、一区間のみのシミュレーションを行っているが、当然、このような一区間のみではなく、複数の区間の線条材のシミュレーションも、各区間ごとに行いそれを合成することにより行うことも可能であり、本発明は一区間のみのシミュレーションに限定されるものではない。

【0037】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の線条材のシミュレーション方法によれば、ロボットに付属した電源ケーブル、空気圧ホース、油圧ホースなどの線条材の

動きを、ロボットの動きにあわせて予測して、線条材の形状変化や動きをシミュレーションしているの、線条材と他の設備との干渉チェックが可能となり、これにより、より正確なシミュレーションを行い、精度の高いオフラインプログラミングデータを作成することができ、ロボットの作業動作ティーチングの際のティーチング作業の時間短縮を図ることが可能となる。また、有限要素法等の数値計算を用いた場合より短時間で、かつリアルタイムなシミュレーションを行うことができる。

#### 10 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係るシミュレーション方法を実現する装置の構成を示す概略ブロック図である。

【図2】 本発明に係るシミュレーション方法が対象とするロボットの全体構成の一例を示す図面である。

【図3】 ロボット付属の線条材（ケーブル類）の動きを説明するための図である。

【図4】 本発明に係るシミュレーション方法を説明するための流れ図である。

【図5】 ロボットの標準姿勢における位置ベクトルの初期設定を説明するための概念図である。

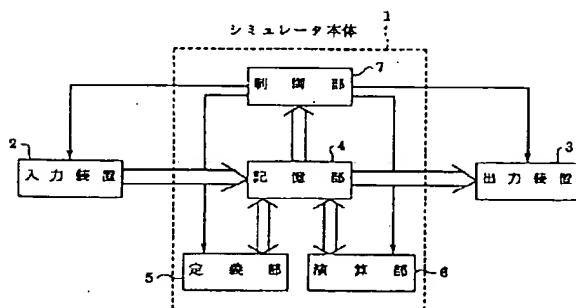
【図6】 逆運動演算方による位置ベクトルの算出方法を説明するための概念図である。

【図7】 動作させた位置での位置ベクトルの算出方法を説明するための概念図である。

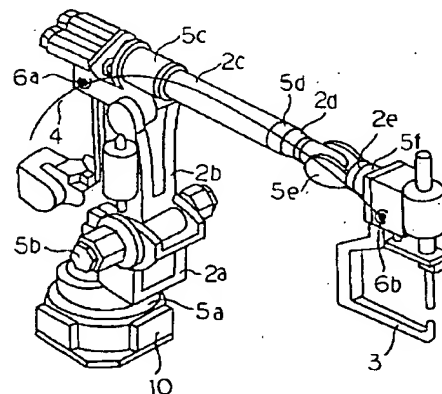
【符号の説明】

1…ロボット、  
 2a…ロボットアーム、3…ツール、  
 4…ケーブル、5a～5f…ジョイント、  
 6a、6b…クリップ、 $\alpha$ …クランプファクタ、  
 L…固定点間の線条材の長さ、Pr…ツール先端の位置ベクトル、Qs、  
 Qe、q…接線ベクトル、Ss、Se…固定点の位置ベクトル  
 P…線条材の形状ベクトル。

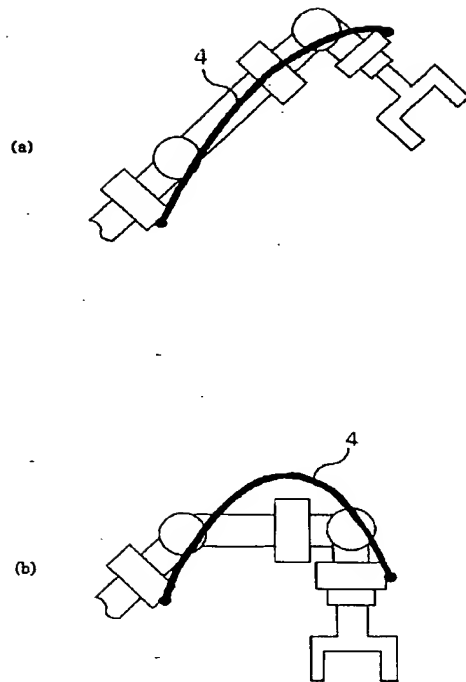
【図1】



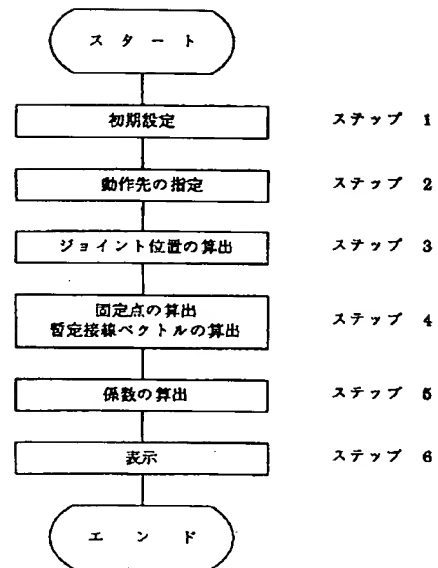
【図2】



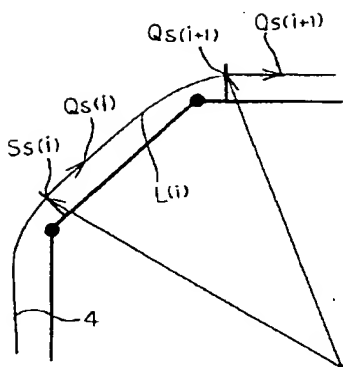
【図 3】



【図 4】



【図 5】



【図 6】

